

МЕДИЦИНА САЛАСЫНДАҒЫ ИОНДАУШЫ ДОЗИМЕТРИЯНЫҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ

Мәжит Әділхан Дулатұлы

adilmazhit@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Физика-Техникалық факультетінің

Ядролық физика мамандығының 5 курс студенті

Ғылыми жетекшісі – Шаханова Г.А.

Иондаушы сәулеленудің дозиметриясы (ИС) ИС қасиеттерін, сәулелену өрісін немесе өзара әрекеттесуді сипаттайтын физикалық шамаларды сонымен қатар принциптер мен әдістер олардың анықтамалары зерттейді.

Тірі организмге әсер ететін сәулелену дозасын сандық анықтау, адам үшін мүмкін болатын радиациялық қауіпті анықтау, бағалау және алдын алу үшін қажет.

Қазіргі кезде техногендік сәулелену көздерінен адамдар алатын дозаға негізгі үлесті радиоактивтілікті қолдануға байланысты медициналық процедуралар мен әдістер қосады. Иондаушы сәуле қатерлі ісікті емдеу үшін кеңінен қолданылады. Алайда, егер емдеу жоспары оңтайлы таңдалмаса, сәулеленудің дозалары негізсіз жоғары болып шығуы мүмкін, бұл радиацияның айтарлықтай зақымдануына әкелуі мүмкін.

Сондықтан, ажырамас компоненттердің бірі қазіргі заманғы сәулелік терапия клиникалық дозиметрия болып табылады оның маңызды міндеті – әр түрлі ортадағы сәулелену дозасын анықтау, әсіресе тірі организмнің тіндерінде. Ол үшін әр түрлі есептеу және эксперименттік әдістер қолданылады.

Сондықтан осы мақаланың мақсаты – медицинада қолдану тұрғысынан әдістерді салыстырмалы түрде талдау, сәулелену дозаларын эксперименталды түрде анықтау саласында әрі қарай зерттеу үшін ең оңтайлы дозиметрия әдісін таңдау болып табылады.

Клиникалық дозиметрияның негізгі әдістерін талдау

Дозиметрияның дамуы бастапқыда адамды иондаушы сәулеленудің зиянды әсерінен қорғау қажеттілігімен толығымен анықталды. Рентгендік сәулелену (1895) ашылғаннан кейін көп ұзамай оның адамға зиянды әсері ашылды және радиациялық қауіптілік дәрежесін сандық бағалау қажеттілігі туындады.

Радиоактивті сәулеленуді анықтау үшін (нейтрондар, гамма-сәулелер, бета және альфа бөлшектер) олардың таралатын ортаның сәулелендіру қабілеті қолданылады. Кез-келген материалдың сәулеленуіне байланысты материалдағы физикалық және химиялық параметрлердің өзгеруі орын алады. Қоршаған ортадағы мұндай өзгерістерге мыналар жатады: заттардың электр өткізгіштігінің өзгеруі; кейбір заттардың люминесценциясы (жарқырауы); фотопленкалардың шамадан тыс экспозициясы; түсінің өзгеруі, түсі, мөлдірлігі, кейбір химиялық ерітінділердің электр тогына төзімділігі және т.б. Дәл осы өзгерістер арқылы радиоактивті сәулелену көздерін анықтауға болады және сол арқылы оның қандай сәуле екенін анықтауға және қандай да бір баға беруге болады.

Иондаушы сәулеленуді анықтау мен өлшеудің негізгі әдістері:

- сцинтилляция,
- фотографиялық,
- химиялық,
- иондану.

Дозиметрияның алғашқы күндерінде иондаушы сәулеленудің, химиялық өзгерулердің және жылу шығарудың фотографиялық эффектілері қолданылды. Элементар бөлшектерді тіркеу әдістері дамыған кезде дозиметрия әдістері де дамыды. Қазіргі жағдайда радиация тудыратын әсерлердің кең спектрі қолданылады. Қолданылатын дозиметрия әдістерінің әрқайсысының тиімділігін сипаттайтын нақты параметрлер:

- фединг (көрсеткіштердің уақытында ыдырауы);

- сәулелену энергиясының диапазоны;
- тіркелген сәулеленудің түрі;
- бастапқы түрлендіргіштің түрі;
- дозаның қуаттылығы;
- энергияға тәуелділік

Фотографиялық әдіс фотографиялық эмульсияның қараю дәрежесіне негізделген. Бұл принцип фотодозиметрлерде қолданылады, бірақ мұндай дозиметрлердің сезімталдығы түсетін сәулелену энергиясына байланысты, әсіресе энергиясы 300 кэВ-тан төмен фотондарға байланысты өзгереді. Сонымен қатар, даму процесіне байланысты қиындықтар алынған нәтижелердің қайталануын шектеуі мүмкін.

Фотодозиметрлер қарапайым және арзан интегралды сәулелену детекторлары ретінде белгілі сақтық шараларын қолдана алады. Фотодозиметрлер көптеген адамдардың жеке дозиметриясына әсіресе қолайлы, бірақ ерекше жағдайларда (шамадан тыс әсер ету және т.б.) оларды қолдану дәлірек дозиметриялық құралдарды қолданумен толықтырылуы керек (1-кесте).

Қазіргі кезде фотографиялық әдіс зарядталған бөлшектердің алуан түрлі қасиеттерін, олардың өзара әрекеттесуі мен ядролық реакцияларын зерттеу үшін ядролық физикада кеңінен қолданылады.

Химиялық дозиметрия әдісі зат радиацияны сіңіргенде түзілетін немесе өзгеріске ұшырайтын ион молекулаларының санын өлшеуге негізделген. Түзілген молекулалардың немесе иондардың саны (радиациялық-химиялық реакцияның шығымы) сіңірілген сәулелену дозасына пропорционалды. Көптеген химиялық дозиметрлер су негізіндегі кейбір заттардың ерітінділері. Сұйылтылған күкірт қышқылындағы FeSO₄ тұзының ерітіндісі ең көп қолданылатын химиялық дозиметрия жүйесі болып табылады.

Кесте 1-Әдістердің дозиметриялық параметрлері

Дозиметрлік параметр	Дозиметр типі			
	Фотографиялық	Иондаушы	Радиофотолюмини сцентті	LiF негізіндегі термолюминесцентті
Өлшеудің төменгі шегі, мГр	0,5	0,05	0,1	0,1
Өлшеудің жоғарғы шегі, Гр	1	2	102	103
Дозаны өлшеу диапазоны	Тар	Тар	Кең	Ең кең
Сезімталдық	Төмен	Жоғары	Жоғары	жоғары
Феддинг	Жоғары	Жоғары	өте төмен	жоқ дерлік
Энергияға тәуелділік	10-12	1,1	7	1,35
Сыртқы ықпал	40 ° С дейін қыздыру, ылғалдылық, жарықтандыру	Ылғалдылық, механикалық стресс	500 ° С дейін қыздыру, қарқынды жарық, детектордың ластануы, ылғалдылық	Жылыту > 80 ° С, детектордың ластануы
Ақпаратты жоғалту	Айына 10%	24 сағат ішінде 3%	6 айға 1%	1 жылда <5%
Сәулеленуге дейінгі	1-2 жыл	Шектеусіз	Шектеусіз	Шектеусіз

жарамдылық мерзімі				
Көрсеткіштерді түсіру уақыты	1 жыл	1 мин	10 мин	1 мин
Бір сәулелендірілген детектордан қайта түсіру	Мүмкін	Мүмкін емес	Мүмкін	Арнайы қондырғыларда ғана мүмкін
Тіркелген сәулелену:				
1. рентген	+	-	+	+
2.β-сәулелену	+	-	+	+
3.γ-сәулелену	+	+	+	+
4.нейтрон	+	-	-	-

Дозиметрияның *биологиялық әдісі* клиникалық дозиметрияда ерекше орын алады, өйткені дозиметриялық мөлшердің өлшемі ретінде сандық радиобиологиялық әсерлерді қолданады, мысалы, хромосомалық аберрациялар, қанның морфологиялық құрамының өзгеруі және басқа көрсеткіштермен ерекше байланысты. ионизациялық сәулеленудің дозиметриясы. Биологиялық әдісте сәулеленген заттағы түрленулер типі иондаушы сәулеленудің түріне байланысты. Зат арқылы өтетін зарядталған бөлшектер ағыны негізінен атомдардың электрондарымен әрекеттеседі және олардың энергиясын оларға иондануға және қоздыруға кететін энергияны береді.

Зарядталған бөлшектердің, нейтрондардың және кванттардың әсерінен байқалатын биологиялық әсерлер олардың физикалық табиғатынан емес, сіңірілген энергия мөлшерінен және оның сызықтық иондану тығыздығымен сипатталатын кеңістіктік таралуынан болады. Сызықтық иондану тығыздығы немесе, әйтпесе, сызықтық энергияның берілуі (СЭБ) неғұрлым жоғары болса, соғұрлым биологиялық зақымдану дәрежесі артады. Бұл дәреже сәулеленудің әр түрлі түрлерінің салыстырмалы биологиялық тиімділігін (СБЭ) анықтайды.

Сәулеленудің биологиялық әсері биологиялық дозиметрияның негізі болып табылады және негізінен СБЭ құру үшін қолданылады. Биологиялық дозиметрия әдістері организмде радиация әсерінен болатын морфологиялық және функционалдық өзгерістерді анықтауға негізделген. Доза жануарлардың өлім деңгейімен, терісінің түсінің өзгеруімен, шаштың түсуімен, зәрдегі кейбір заттардың пайда болуымен немесе құрамының жоғарылауымен, қан жасушаларының санының өзгеруімен бағаланады.

Биологиялық әдістер негізінен сапалы дозиметриялық бағалауды қамтамасыз етеді. Биологиялық әдістер өте дәл емес.

Ионизациялық дозиметрия әдісі сәулеленген ортаның иондану әсеріне негізделген. Егер сіз өткізбейтін затты иондаушы сәулеленудің әсер ету аймағына орналастырсаңыз, онда сәулелену энергиясының бір бөлігі осы заттың атомдары мен молекулаларына ауысады және оларды иондалуға жұмсалады. Электр өрісі болмаған жағдайда, затта ион жұптарының тепе-теңдік концентрациясы орнатылады. Егер потенциалдар айырымы затқа қолданылса, онда электр өрісі пайда болады, ал электр тогы ағып кетеді. Белгілі бір жағдайларда ток күші затқа әсер ететін сәулелену қарқындылығына пропорционалды. Иондану детекторлары дизайны бойынша конденсаторларға ұқсас, яғни оларда диэлектрикпен бөлінген екі электрод бар. Диэлектрик ретінде әдетте газ немесе газдардың қоспасы қолданылады.

Люминесцентті дозиметрия әдісі кейбір заттарда (фосфорларда) иондаушы сәулеленудің әсерінен пайда болған заряд тасымалдаушыларды (электрондар мен саңылаулар) ұстау орталықтарында локализацияланғандығына негізделген, соның арқасында сіңірілген энергия жинақталады, содан кейін болуы мүмкін қосымша сыртқы әсермен (қозу) босатылған. Болашақта жарық жыпылықтауы электрлік сигналға айналады. Фосфорға сыртқы әсеріне

байланысты фото-, радио-фото-, радио-термолюминесценцияға, термостимуляцияланған экзоэмиссияға, рп-түйіспесі бар жартылай өткізгіштердегі заряд тасымалдаушылар концентрациясының радиациямен өзгерген әсеріне негізделген әдістер, т.б. Тиісінше, әр түрлі қатты күйдегі материалдар негізінде фото және термолюминесцентті детекторлар, әртүрлі пайдалану мүмкіндіктері мен техникалық-экономикалық көрсеткіштері бар термиондық және жартылай өткізгіш детекторлар жасалды.

Осылайша, сәулеленген қатты денелерді (кристалды фосфорларды) қыздыру кезіндегі люминесценция әсеріне негізделген термолюминесценттік детекторлар (TLD) жоғары температурада қолданыла алады (сипаттамалық максимумның температуралық күйіне байланысты), иондаушы сәулеленуге айтарлықтай жоғары сезімталдығы бар әр түрлі түрлері бар (материалға байланысты).



Сурет 1- Термолюминесцентті дозиметр кассетасы

TLD әдісі қоспаның және ішкі шығу тегінің кристалдық торлы ақауларының белгілі бір үйлесімі бар кейбір бейорганикалық заттардың (сақтау кристалды фосфорлары деп аталады), қыздырғанда иондаушы сәулелену арқылы қоздырудан кейін, жарық шығаратындығына негізделген. Шығарылатын оптикалық кванттардың саны иондаушы сәулеленудің сіңірілген дозасына пропорционалды болып шығады

Детекторды құрайтын элементтердің электрондары энергияны сіңіргенде қозып, жоғары энергетикалық күйге өтеді және бұл энергия детекторда жинақталады.

Детекторды белгілі бір температураға дейін қыздырады, онда детекторда жинақталған энергия жарық импульсі түрінде бөлініп шығады, және бұл жарық мөлшерін арнайы қондырғылар арқылы жазып, сәулелену дозасына айналдыруға болады.

Ең кең тарағандары LiF және CaF₂ негізіндегі дозиметрлер, өйткені олар адамның сезімтал дозиметрлерінің қатарына енеді, адамның жұмсақ тіндеріне мата эквивалентті, олардың дозиметриялық сипаттамалары белгілі бір диапазонда сызықты, энергияға тәуелділік фильтрлермен теңестіріледі және жоқтың қасы сөну. Көбінесе детекторлар диаметрі 4,5-5 мм және қалыңдығы шамамен 1 мм таблетка түрінде жасалады.

Кесте 2- LiF негізіндегі детекторлардың негізгі сипаттамалары

Негізгі шыңның жарықтандыру температурасы, ° С	210
Доза шегі	10 мкГр
Энергияға тәуелділік (30 кэВ - 1,3 МэВ)	<30%
Бөлме температурасында доза туралы ақпаратты жоғалту	Жылына 5 %
Қайта пайдалану мүмкіндігі	Шектеусіз
Сызықтық көрсеткіштер ауқымы, Гр	$5 * 10^{-5} - 5$

TL детекторларын қолдану белгілі бір технологиялық дайындықты қажет етеді. Қолданар алдында детекторлардың қажетті санын шыны стакандағы ректирленген спиртпен жуады және ауада сүзгі қағазда кептіреді. Осыдан кейін TL-детекторларын міндетті термиялық өңдеу жүргізіледі. Оның негізгі мақсаты TL материалының дозиметриялық қасиеттерін молайту болып табылады (қалдық жарық сомасының дозиметриялық ақпаратын олардың бұрынғы қолданылуынан, сондай-ақ детекторларды сақтау кезеңінде жинақталған табиғи фондық сәулеленуден алып тастау). Жоғарыда аталған әрекеттерді орындағаннан кейін TL детекторларын сәулелендіру үшін пайдалануға болады.

TLD-дің басқа дозиметрлерден артықшылығы - олардың иондаушы сәулеленуге жоғары сезімталдығы және салыстырмалы түрде арзан. Сонымен қатар, TLD-лер иондаушы сәулеленуді үздіксіз тіркейтін интегралды дозиметрлерге жатады, олар экспозицияға дайындалған сәттен бастап дозиметрге енгізілген детекторлардың реакциясы өлшенгенге дейін.

Әдетте, детекторлардың реакциясын өлшегеннен кейін дозиметр иондалатын сәулеленуді тіркеуге қайтадан дайын болады (бірнеше рет қолдануға болады). Жеке бақылау үшін практикалық қолданыста TL дозиметрлерін киімге және қажет болған жағдайда адам ағзасына оңай жабыстыруға болады; оларды фантомды заттардың ішіне орналастыруға болады, олардың әсер етуімен байланысты диагностикалық және терапиялық процедуралар кезінде денеде дозаның таралуын модельдеу үшін.

Қорытынды

Адамның дозасына негізгі үлес медициналық зерттеулермен қосылады, өйткені күнделікті медициналық практикада олар рентген аппараттарының және басқа сәулелену көздерінің көмегіне жүгінеді. Сондықтан барлық медициналық мекемелерде олардың биологиялық әсерін ескере отырып, иондаушы сәулелену деңгейін дәл реттеу қажет. Ол үшін әр түрлі әдістер жасалды: биологиялық, фотохимиялық, физикалық, сцинтилляциялық, люминесценттік, олар осы мақалада қарастырылып, талданды.

Әр түрлі дозиметрия әдістерін медицинада қолдану тұрғысынан салыстырмалы талдаудың нәтижесінде клиникалық дозиметрия мәселелерін шешуге мүмкіндік беретін TLD әдісі басымдыққа ие.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Podgorsak, E.B. Radiation oncology physics [Text]: a handbook for teachers and students / E.B. Podgorsak. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005. – 657 p.
2. Кондричина, С.Н. Основы лучевой терапии [Текст]: учебное пособие / Кондричина С.Н., Балашов А.Т.. – ПетрГУ. Петрозаводск, 2001. – 44 с.
3. Иванов, В.И. Курс дозиметрии [Текст]: учебник для вузов / В.И. Иванов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Атомиздат, 1978. – 392 с.

4. Bos, A.J.J. On the energy conversion in thermoluminescence dosimetry materials [Text] / A.J.J. Bos // Radiation Measurements 33. – 2001. – P. 737–744.